

重整热力学第二定律理论体系的一种新方法

严子浚

(厦门大学 物理系, 福建 厦门 361005)

摘要: 利用理想气体可逆过程的规律来建立热力学第二定律的理论体系并无必要. 本文提出一种新的方法.

关键词: 热力学第二定律; 克劳修斯不等式; 绝对温标

中图分类号: O 414

文献标识码: A

文章编号: 1000-0712(2002)02-0026-02

文献[1]利用理想气体可逆过程的规律, 以克劳修斯不等式(包括等式, 下文均如此)为核心来建立热力学第二定律的理论体系, 而把卡诺定理、绝对温标等放在克劳修斯不等式之后讨论. 这样做虽可减轻传统体系中的某些不足之处(如在证明卡诺定理时用了热力学第二定律的开尔文(或其等价的)表述, 而在证明克劳修斯不等式时, 既用了卡诺定理又再用此表述), 但多了“理想气体可逆过程的规律”这个前提是该文的缺点, 有损普遍热力学理论内在的完美性. 文献[1]作者自己也认为这是个缺点. 为此, 本文提出一种新的方法.

既然卡诺定理可视为克劳修斯不等式的一个特例, 那么两者可用统一的方法来处理. 为此, 考虑一任意工质的任意循环 C , 如图 1 的上部所示. Q_1, Q_2, \dots, Q_n 分别为循环 C 从热源 $1, 2, \dots, n$ 吸的热, 负者表示真放热. 再考虑 n 个任意工质的可逆二热源循环 $1, 2, \dots, n$, 如图 1 的下部所示, Q_1, Q_2, \dots, Q_n 为各循环对热源 $1, 2, \dots, n$ 补上的热(即循环 $1, 2, \dots, n$ 放的热, 负者表示真吸热); $Q_{01}, Q_{02}, \dots, Q_{0n}$ 为各循环从热源 0 吸的热, 负者表示真放热, 其代数和 $\sum_{i=1}^n Q_{0i} = Q_0$; A_C 表示循环 C 作的功, 而 A_1, A_2, \dots, A_n 表示循环 $1, 2, \dots, n$ 作的功, 负者表示对循环作功. 循环的总功 $A = A_C + \sum_{i=1}^n A_i$.

根据热力学第一定律, 有

$$Q_0 = A \quad (1)$$

若 $Q_0 > 0$, 则违背热力学第二定律的开尔文表述, 因而

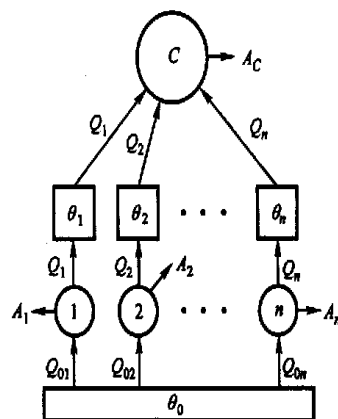


图 1

$Q_0 > 0$ 是不可能的, 而只能 $Q_0 = 0$.

若循环 C 是可逆的, 则图 1 中的所有循环便是可逆的, 可反向进行. 当循环反向进行时, 从热源 0 吸的热便为 $-Q_0$. 同上, 这时必有 $-Q_0 = 0$. 因此, 当循环 C 为可逆时, $Q_0 = 0$ 和 $-Q_0 = 0$ 需同时成立, 则必有 $Q_0 = 0$, 而当 $Q_0 = 0$ 时, 根据式(1), $A = 0$, 外界恢复了原态, 循环 C 只能是可逆的. 因此, 当循环 C 为不可逆时, 只可能 $Q_0 < 0$.

现设循环 C 为可逆的, 并设 $n = 2$, 且 0 同时也作为 2 , 而勿需应用循环 2 . 则有 $Q_0 = 0, A = 0, Q_2 = Q_{02}$ 和 $A_2 = 0$, 从而有 $Q_2 = -Q_{01}$ 和 $A_C = -A_1$. 这就表明, 此时循环 C 与循环 1 有相同的效率. 又由于循环 C 和循环 1 都是任意工质的循环, 而 1 和 0 的温度又是任意的, 故可推出如下结论: 所有工作在二恒温热源

间的可逆循环,其效率都相等。

据此,便可建立绝对温标 $T^{[2]}$,并可用 T_0 、 T_1 、 T_2 、...、 T_n 来表示热源 0 、 1 、 2 、...、 n 的温度,同时对循环 1 、 2 、...、 n 可得

$$\frac{Q_{0i}}{T_0} = \frac{Q_i}{T_i}, i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

对 i 求和,得

$$Q_0 = \sum_{i=1}^n Q_{0i} = T_0 \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{T_i} \quad (3)$$

再根据 $Q_0 = 0$ 和 $T_0 > 0$,由式(3)便得克劳修斯不等式

$$\sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{T_i} = \frac{dQ}{T} \leq 0 \quad (4)$$

将式(4)用于二热源循环,即得卡诺定理。这样就避免了传统体系中反复应用热力学第二定律表述等的缺陷。而由式(4)引进熵、导得熵增原理等仍可采用文献[1,2]等的做法,不再赘述。

至此,已清楚地看到,式(4)的导出,既可将卡诺定

理统一在其中,又不必用到理想气体的任意可逆循环过程的规律。这样既克服了传统体系中逻辑反复等不足之处,又克服了文献[1]的缺点。因此,由此建立的热力学第二定律的理论体系将更加简洁、明快。

此外,还值得注意,克劳修斯不等式中的温度应是热力学温度^[3]。而文献[4]推导克劳修斯不等式时,并未证明其中的温度等同于热力学温度,因而其结果是不够完整的。

参考文献:

- [1] 高炳坤. 重整热力学第二定律的理论体系[J]. 大学物理, 1999, 18(12): 17.
- [2] 熊吟涛. 热力学[M]. 第3版. 北京: 人民教育出版社, 1979.
- [3] 严子浚. “关于理想气体卡诺循环的一点讨论”中的一些问题[J]. 大学物理, 1993, 12(4): 18.
- [4] 高炳坤. 导出克劳修斯等式和不等式的一种方法[J]. 大学物理, 1999, 18(8): 14.

A new method for the rearrangement of the theory of the second law of thermodynamics

YAN Zi-jun

(Department of Physics, Xiamen University, Xiamen, Fujian, 361005, China)

Abstract: The theory of the second law of thermodynamics established by using the law of reversible process of an ideal gas is imperfect and unnecessary. A new method is proposed.

Key words: second law of thermodynamics; Clausius inequality; absolute thermometric scale

(上接 25 页)

由表1及图3不难发现,不同 Q 值对应的通用曲线拐点对应的频率比(ω_1 、 ω_2)将随 Q 值的增大分别从小于1和大于1的值向 $\omega = 1$ 逼近;同时也定量地印证了图1中 $Q = 1$ 曲线的画法确实欠妥。

参考文献:

- [1] 蔡元宇. 电路及磁路 上册[M]. 北京: 高等教育出版社, 1994. 253.
- [2] 梁灿彬, 秦光戎, 梁竹健. 电磁学[M]. 北京: 人民教育出版社, 1981. 558 ~ 559.

A discussion on positions of inflection point in RLC series resonance curve

CHEN Shui-sheng, ZHEHG Fu-nian, XIA Jing-feng, ZHOU Xiao-ming

(Department of Physics, Jingdezhen College, Jingdezhen, Jiangxi, 333000, China)

Abstract: The positions of inflection point in RLC resonance curve is investigated and the errors of figures in some textbooks are pointed out.

Key words: RLC resonance curve; inflection point